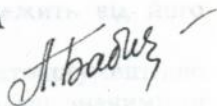


ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
УКРАЇНИ

На правах рукопису

УДК 685.034.017

БАБИЧ АНТОНІНА ІВАНІВНА



**РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОГО
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ЦИКЛОТЕРМІЧНОГО
СПОСОБУ СУШІННЯ ЮХТОВОГО ВЗУТТЯ
ТЕМПЕРАТУРАМИ ВИЩЕ ТА НИЖЧЕ 0°C**

Спеціальність 05.19.06

“Технологія взуттєвих та шкіряно-галантерейних
виробів”

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1997

675
685.34



00373793 (W)

ПРОМИСЛОВОСТІ
Дисертація є рукописом.

Робота виконана у Державній академії легкої промисловості України.

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор Коновал В. П.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор Іспірян Г.П.

кандидат технічних наук,
Половніков І.І.

Провідна організація: Технічний університет
"Поділля"

Захист відбудеться " 26 " червня 1997 р. о 10⁰⁰ годині
на засіданні Спеціалізованої вченої Ради Д 01. 17. 02 при
Державній академії легкої промисловості України за адресою:
252011, м. Київ - 11, вул. Немировича - Данченка, 2.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці
Державної академії легкої промисловості України.

Відгуки на автореферат у двох примірниках, затверджених
печаткою, просимо направляти до Спеціалізованої вченої Ради.

Автореферат розіслано " 25 " травня 1997 р.

Вчений секретар Спеціалізованої вченої Ради

доктор технічних наук, професор Коновал В. П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. Конкурентоздатність взуття в умовах ринку визначається трьома основними показниками: зовнішнім виглядом, якістю та ціною взуття. Стійкість збуту того чи іншого виду взуття в багатьох випадках залежить від марки виробника.

Для виходу взуттєвих виробів України на світовий ринок необхідно завоювати ім'я та марку виробника якісної продукції.

Зовнішній вигляд взуття, подальше збереження краси, вишуканості та елегантності суттєво залежить від його формостійкості.

Формостійкість взуття є багатоаргументною функцією. Серед аргументів цієї функції найбільш значимими є теплові процеси, які супроводжують операції формоутворення взуття, до яких відносяться процеси сушіння.

Під час сушіння, після зволоження та механічного розтягнення заготовки на колодці, в матеріалі заготовки виникають релаксійні напруги, які при знятті взуття з колодки викликають його деформацію. Існуючі способи теплового інтенсивного сушіння, які названі у роботі термічними, протікають при короткочасній дії високих температур вище 0°C , внаслідок чого не завжди забезпечується зняття релаксійних напруг, що створює умови для деформації взуття. Крім того, при дії таких температур виникає пересушування лицьового покриття шкіри, його деструкція, та поява мікротріщин у процесі використання.

Внаслідок того, що у практиці взуттєвого виробництва застосовується тільки сушіння теплом, всі наукові дослідження проводились у режимах температур, вищих 0°C , і були спрямовані на скорочення терміну сушіння, за рахунок підвищення температури сушильного середовища, що і призводило до вказаних негативних явищ.

Роботи наукових шкіл Калита А.М. (Росія) та Коновала В.П. (Україна) були спрямовані на дослідження впливу циклової дії температурних режимів вище та нижче 0°C при застосуванні їх у різних технологічних процесах. Теоретично та практично обгрунтована їх ефективність, проте формоутворенням багатошарових пакетів взуття дією таких циклів ніхто з науковців не займався.

Крім того, на жаль, при розробці нових термічних способів сушіння ніхто не враховував, що теплові процеси є процесами витрат електроенергії, і цим показником економії нехтували.

Таким чином, створення способу сушіння, який задовольняв би двом критеріям: забезпеченню якості взуття та зниженню його собівартості - є однією з актуальніших проблем взуттєвого виробництва. Причому у руслі поставлених у роботі задач ці критерії виражені слідуючими показниками: підвищенням формостійкості взуття; збереженням зовнішнього вигляду та первинної якості покриття шкіряних матеріалів заготовки; зниженням собівартості взуття за рахунок створення енергозберігаючої технології сушіння.

Мета та задачі дослідження. Головна мета дисертаційної роботи, полягає у підвищенні якості та зниженні собівартості взуттєвих виробів з юхтовим верхом, за рахунок розробки нового енергозберігаючого способу сушіння з застосуванням температурних режимів, вищих та нижчих 0°C .

Для досягнення поставленої мети вирішувались слідуючі задачі:

- дослідити процес тепло-масопереносу вологи у багатошаровому пакеті з різнорідних шкіряних матеріалів при односторонній циклічній (почерговій) дії температур вище та нижче 0°C ;
- розробити оптимальний спосіб промислового одержання сушильного агента температурою нижче 0°C ;
- провести дослідження процесу сушіння матеріалів у діапазоні температур, вищих та нижчих 0°C ;
- розробити циклотермічний спосіб сушіння взуття;
- встановити технологічні режими сушіння циклотермічним способом;
- розробити нову енергозберігаючу технологію сушіння юхтового взуття;
- розробити принципову схему сушильного апарату циклотермічної дії для реалізації нової технології сушіння.

Об'єктом дослідження є базова конструкція робочого юхтового взуття з пристроєним задником з жорсткої шкіри.

Методологічна основа роботи. Для досягнення поставленої мети в роботі використані: методи системного підходу, математичного моделювання і логіки, математичного планування і аналізу експериментів, апіорного ранжування факторів, стандартні методи проведення лабораторних експериментів та розрахунки на ПЕОМ.

Наукова новизна. В роботі вперше:

- проведено дослідження процесу сушіння багатошарових пакетів шкіряних матеріалів у діапазоні температур, вищих та нижчих 0°C , і створена математична модель цього процесу;

- виконано дослідження процесу переміщення вологи у пакеті шкіряних матеріалів різного вологовмісту, під дією температурного режиму сушильного агента;

- одержані експериментальні регресійні моделі процесу сушіння тришарового пакету шкіряних матеріалів різних теплофізичних властивостей;

- проведено порівняльний аналіз якості термічного сушіння з циклотермічним, що показало доцільність останнього;

Практичне значення роботи полягає у наступному:

- одержані оптимальні технологічні режими процесу сушіння юхтового взуття циклотермічним способом, на основі експериментальних даних, отриманих в лабораторних умовах та наближених до виробничих, на тришарових пакетах, моделюючих п'ятковий вузол юхтового взуття; що забезпечує скорочення терміну сушіння, його якість, енергозбереження та зниження собівартості взуття;

- розроблено новий енергозберігаючий технологічний процес сушіння юхтового взуття за скороченням терміном, при якому підвищується якість продукції;

- застосовано у якості сушильного агента потік повітря температури нижче 0°C , одержаний від компресорної установки тискового повітря;

- створена конструкція сушильного апарату на рівні технічної пропозиції, для реалізації нової технології сушіння циклотермічним способом;

- розроблені практичні рекомендації промисловості по впровадженню циклотермічного способу сушіння у виробництво.

На розроблений спосіб і сушильний апарат одержані два авторських свідоцтва і один патент.

Апробація роботи. Головні результати досліджень доповідались та одержали позитивну оцінку на Республіканській науково-практичній конференції "Проблеми взуттєвої промисловості України", на наукових семінарах кафедри Конструювання та технології виробів із шкіри, наукових конференціях професорсько-викладацького складу та молодих вчених ДАЛПУ у 1993-1996 рр.

У повному обсязі робота доповідалась та ухвалена на науковому семінарі кафедри Конструювання та технології виробів із шкіри у листопаді 1996 року.

Результати роботи використовуються в учбовому процесі, у лекційних курсах, лабораторних заняттях та в методичних вказівках до лабораторних, курсових та дипломних робіт.

Виконано розрахунок умовного економічного ефекту від впровадження результатів досліджень на Київському ВТВП "Київ" м. Київ.

Головні положення роботи викладені в 8 публікаціях, двох авторських свідоцтвах і одному патенті.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку основної використаної літератури найменувань і додатків. Зміст дисертації викладено на 156 аркушах машинописного тексту, 28 рисунках, 20 таблицях.

У вступі обґрунтована актуальність та мета дослідження, показано наукову новизну та практичну значимість результатів дослідження.

У першому розділі **"Стан проблеми. Мета, задачі та напрямки досліджень"** проведено аналіз наукових робіт по дослідженню процесу сушіння взуття, та розроблений аналіз факторів, що впливають на цей процес. Вивчено стан проблеми підвищення якості сушіння взуття при зниженні собівартості та енерговитрат. На основі цього аналізу сформульовані задачі дослідження.

У другому розділі **"Аналітичні дослідження процесу сушіння багатшарових пакетів шкіряних матеріалів температурними режимами вище і нижче 0°C"** згідно з поставленими у роботі задачами створення нового способу сушіння юхтового взуття розроблені фізична та математична моделі процесів сушіння багатшарових пакетів шкіряних матеріалів, імітуючих п'яткові вузли взуття під впливом температур вище та нижче 0°C.

У третьому розділі **"Експериментальні дослідження процесу сушіння взуття циклотермічним способом та міграції вологи у шарах пакету шкіряних матеріалів"** проведено експериментальні дослідження процесу сушіння тришарового пакету шкіряних матеріалів, який моделює п'ятковий вузол юхтового робочого взуття і є найбільш зволоженою його частиною, внаслідок того, що жорсткий задник товщиною 5 ± 1 мм згідно з технологією зволожується до 26% відносної вологи (для зменшення опору проколу голкою під

час пристроювання). Використано математичне планування для проведення експериментів. Експерименти проведені згідно з розробленим математичним плануванням. Одержані математичні регресійні моделі залежності залишкової вологи у шарах пакету від режимів сушіння, температур та термінів почергового нагріву та охолодження. Одержані закономірності дозволили вибрати оптимальні технологічні режими сушіння циклотермічним способом.

У четвертому розділі **“Розробка та обґрунтування технології сушіння юхтового взуття циклотермічним способом”** проведені порівняння ефективності та якісних характеристик термічного та запропонованого циклотермічного способів сушіння. Розроблена технологія сушіння юхтового взуття циклотермічним способом. Розроблена конструкція циклотермічного сушильного апарату. Виконано розрахунок умовної економічної ефективності від впровадження нової розробленої технології сушіння.

У заключенні наведені висновки та рекомендації по впровадженню у виробництві розробленого способу.

ЗМІСТ РОБОТИ

Увступі обґрунтована актуальність теми дослідження, вказані мета та задачі роботи, показано наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів та висновків.

У першому розділі проведено аналіз з наукової та технічної інформації по дослідженню різних способів сушіння взуття з натуральної шкіри, процесів тепло-масопереносу при сушінні матеріалів капілярно-пористої структури, до яких відносяться шкіряні матеріали, вплив різних факторів та теплофізичних властивостей цих матеріалів на процес сушіння.

Встановлено, що процес сушіння шкіряних матеріалів є складний, динамічно протікаючий процес, який змінюється під час сушіння під впливом змінюючихся вологозмісту та теплофізичних властивостей шкіряних матеріалів.

Встановлено, що внаслідок застосовуваних у традиційній технології теплових (тобто термічних) способів сушіння, усі попередні наукові дослідження були спрямовані на вивчення термічних способів сушіння.

Зроблено аналіз факторів, що впливають на процес сушіння взуття, до яких у першу чергу віднесено: властивості шкіряних матеріалів та технологічні режими, які застосовуються під час сушіння. Серед властивостей шкіряних матеріалів найбільш впливовими на механізм сушіння є такі теплофізичні властивості як: теплопровідність і температуропровідність. Серед режимів сушіння найбільш впливовими факторами є температура сушильного середовища та термін сушіння.

В результаті проведеного аналізу процесу сушіння взуття зроблено висновок про доцільність поширення діапазону температурних режимів в зону температур нижче 0°C . Застосування температур нижче 0°C вперше було впроваджено Якубовою Л.В. при дослідженні процесу термофіксації взуття з верхом із синтетичної шкіри. Ці дослідження вперше у світі розпочалися на кафедрі КТВШ КТІАП (нині ДАЛПУ) під керівництвом професора Коновала В. П. При подальших дослідженнях по застосуванню температур циклічної дії у теплових процесах виготовлення взуття, були одержані позитивні результати.

Розроблено класифікацію способів сушіння за різними ознаками, згідно з якою сформульовані характерні риси існуючих та перспективних способів сушіння. У розроблену класифікацію добре вписується спосіб сушіння температурами вище і нижче 0°C , якому на відзнаку від термічного способу, присвоєна назва циклотермічного, тобто приривчастого термічного, у період приривання якого здійснюється охолодження об'єкту сушіння. У запропонованому способі, охолодження здійснюється температурами нижче 0°C для зниження тривалості сушіння.

У результаті проведеного аналізу стану проблеми були сформульовані задачі та напрямки дослідження, які лежать у руслі означеної мети, засобом досягнення якої є створення нового способу сушіння взуття на базі застосування температур вище і нижче 0°C .

У другому розділі були виконані аналітичні дослідження процесу сушіння багатошарових пакетів шкіряних матеріалів температурними режимами циклічної дії.



Рис. 1. Схема п'яtkового вузла під дією сушильного середовища ($t^{\circ}\text{C}$ - температура сушильного агента; V_0 - швидкість повітря).

Моделюючи п'яtkовий вузол (рис. 1.), як тришаровий пакет шкіряних матеріалів, набраних з шкір, що мають різні теплофізичні властивості та різний вологовміст, взявши до уваги основні характеристичні ознаки (товщину, відносний вологовміст, коефіцієнти теплопровідності та температуропровідності, тощо) прийшли до висновку, що у кожному шарі умови виведення вологи будуть різні. Цей процес ускладнюється тим, що температура сушильного середовища діє тільки на зовнішній шар - 1 (юхтовий, товщиною у 2,8 мм, який має відносний вологовміст - W від. = 10 %).

Інтенсивність сушіння цього шару підвищена за рахунок переміщення гарячого повітря з деякою швидкістю - V_0 . Ці додаткові умови не впливають на сушіння проміжного шару-2 (задника з жорсткої шкіри, товщиною 5 ± 1 мм, який має W від. = 26%), та внутрішнього шару-3 (підкладки з свинячого спілка, товщиною 2,4 мм, попередньо не зволоженого W від. = 0) тому, що зовнішній шар є теплоізолятором для шарів 2 і 3. З другого внутрішнього боку пакет ізольовано від дії сушильного агента взуттєвою колодкою - 4.

У розробленій фізичній моделі всі означені умови зібрані до купи. Це дало змогу при розробці математичної моделі сформулювати граничні умови.

В схему моделі закладено принцип математичної моделі, створений професором Коновалом В. П. та професором Луциком П. П. для сушіння одношарового шкіряного зразка при циклотермічному сушінні.

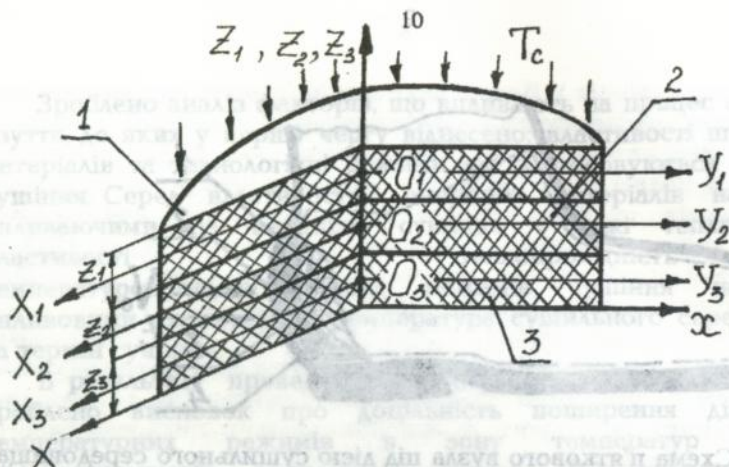


Рис.2. Тришаровий пакет п'яткового вузла юхтового вузла.

- 1 - зовнішній шар (юхть)
- 2 - проміжний шар (задник)
- 3 - внутрішній шар (підкладка)

Тришаровий пакет (рис. 2) розглянуто як сукупність самостійних шарів. Для зовнішнього шару - 1 правомірно застосована модель, яка розроблена проф. Коновалом В. П. та проф. Луциком П. П. Для проміжного шару-2 і внутрішнього шару-3 застосування цієї моделі можливо розглядати у першому приближенні. При створенні математичної моделі кожний шар розглядається у своїй системі координат і має свою товщину означену літерами Z_1, Z_2, Z_3 . На зовнішній шар-1 діє температура сушильного середовища - T_{c1} . На шари-2 і 3 діють температури T_{c2} і T_{c3} , які є функціями багатьох змінюючихся у процесі сушіння параметрів. Зокрема:

$$T_{c2} = f_2 (T_{c1}, a_1, \lambda_1, W_1, \gamma_1),$$

$$T_{c3} = f_3 (T_{c1}, a_1, a_2, \lambda_2, \gamma_1, \gamma_2, W_1, W_2), \text{ де}$$

a_1 і a_2 - коефіцієнти температуропровідності першого і другого шарів; λ_1 і λ_2 - коефіцієнти теплопровідності першого і другого шарів; γ_1 і γ_2 - коефіцієнти щільності першого і другого шарів; W_1 і W_2 - вологовміст першого і другого шарів.

Математична модель складається з трьох лінійних рівнянь, які означають теплопровідність (1), масопровідність (2), та рівновагу (3) у кожному шарі.

У загальному вигляді (для N шарів) система лінійних рівнянь має вигляд:

$$\frac{\partial T_N}{\partial F_{0N}} = \frac{\partial^2 T_N}{\partial Z_N^2} - \left(\varepsilon_\Phi \cdot K_0 - K_1 \cdot \frac{\partial Q_N}{\partial W_0} \cdot \frac{\partial W_N}{\partial F_{0N}} \right) \quad (1)$$

$$\cdot \frac{\partial W_0}{\partial F_{0N}} - K_1 \cdot \left(\frac{T_0}{T_C - T_0} \right)_N \cdot \frac{\partial Q_N}{\partial T_N} \cdot \frac{\partial^2 u_N}{\partial Z_N \cdot \partial F_{0N}};$$

масопровідність у кожному шарі

$$\frac{\partial W_N}{\partial F_{0N}} = L_u \cdot \frac{\partial^2 W_0}{\partial Z_N^2} - L_u \cdot P_n \cdot \frac{\partial^2 T_N}{\partial Z_N^2} + \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{\partial^2 u_N}{\partial Z_N \cdot F_{0N}}; \quad (2)$$

рівновага у кожному шарі

$$\frac{\partial^2 u_N}{\partial Z_N^2} - \frac{1 + \nu_N}{1 - \nu_N} \cdot \frac{\partial Q_N}{\partial Z_N} = 0; \quad (3)$$

де T_N - текуча температура у кожному шарі; T_0 - початкова температура; T_{C_N} - температура оточуючого середовища; W_N - вологовміст кожного шару; u_N - переміщення часток у кожному шарі; F_0 - число Фур'є у кожному шарі; K_0 - число подібності Косоковича; Q_N - узагальнена вологотермічна функція кожного шару; L_u - число подібності Ликова; P_n - число подібності Поснова; Z_N - товщина шару.

Багато з цих параметрів, які входять до складу рівнянь, в процесі сушіння знаходяться у динаміці, тому при розрахунках одержані їх приблизні значення, а для доповнення значень цих параметрів слід провести експериментальні дослідження.

Зроблено висновок про те, що розроблена математична модель з достатньою вірогідністю описує якісну картину механізму сушіння пакету шкіряних матеріалів циклотермічним способом. Затухання релаксійних напруг за термін циклотермічного сушіння є наслідком почергової дії температур вище і нижче 0°C , при яких почергово мають місце у матеріалі напруги розтягнення (при дії температури вище 0°C) та стиснення (при дії температури нижче 0°C), які по мірі виведення вологи зменшуються до повного зникнення.

У третьому розділі проведені експериментальні дослідження процесу сушіння юхтового взуття циклотермічним способом та міграції вологи у шарах пакету шкіряних матеріалів.

Розроблено програму і методику експериментів, та експериментальний стенд, до складу якого увійшли дві камери: теплова та охолоджувальна, які обладнані апаратурою забезпечуючою теплові та охолоджувальні режими, а також вимірювальними, регулюючими і реєструючими пристроями. Теплові режими одержували радіаційним методом шляхом застосування ТЕН'ів, охолоджувальні режими одержували вихровим мікрохолодильником типу ВМХ - 16, конструкції Самарського політехнічного інститута (Росія). Мікрохолодильник ВМХ - 16 перетворює тискове повітря компресорних установ у дві струї: холодну з регулюванням температури у діапазоні від (-5°C) до (-20°C) , та гарячу з регулюванням температури від $(+10^{\circ}\text{C})$ до $(+40^{\circ}\text{C})$. Ці струмені забезпечували обдув дослідних зразків теплим і охолодженим повітрям.

Експериментальні дослідження проведені з застосуванням методу математичного планування і аналізу експериментів. Застосовано метод Д - оптимального планування другого порядку з використанням матриці планування К. Коно, який забезпечує максимальну точність в оцінці коефіцієнтів регресії поліномів. У якості функції відгуку експериментального вивчення процесу, прийнята залишкова вологість матеріалів - $W_{\text{зал}}$.

Проведено два цикли експериментів: двохфакторний і трьохфакторний.

Вибір найбільш впливаючих факторів здійснено шляхом ранжування факторів, які були згруповані у дві групи: незалежні від технологічних режимів процесу сушіння, які неможливо змінити і регулювати (це: ступінь зволоження зразків, теплофізичні та інші властивості досліджуваних матеріалів, складаючих пакет) та залежні від технологічних режимів, які можна регулювати (це: значення температур та тривалості сушіння, швидкість сушильного агента).

Функції відгуку відповідно склали:

- двохфакторного експерименту $\hat{y}_1 = f_1(x_1, x_2)$ - у кодовому визначенні, чи $(W_{\text{зал}})_2 = f_1(t_{\text{н}}, \tau_{\text{н}})$ - у натуральному;
- трьохфакторного експерименту $\hat{y}_2 = f_2(x_1, x_2, x_3)$ - у кодовому визначенні, чи $(W_{\text{зал}})_3 = f_2(t_{\text{н}}, \tau_{\text{н}}, \tau_0)$ - у натуральному; де $t_{\text{н}}$ -

температура нагріву сушильного середовища, τ_H - тривалість сушіння нагрівом, τ_0 - тривалість сушіння охолодженням.

Експерименти проводились згідно з розробленими методикою, матрицями планування К. Коно та робочими матрицями. Залежні перемінні впливаючі фактори варіювались згідно з планом. Досліджувався процес сушіння в одно та двохциклових режимах у наступній послідовності: зразки після зволоження складали у пакет, закріплювали на спеціальній дерев'яній колодці і поміщались спочатку у теплову камеру на термін передбачений планом експерименту, а потім у охолоджувальну камеру. Далі цикл повторювався.

По результатам експериментів одержані математичні регресійні рівняння, які після статистичної обробки і уточнення коефіцієнтів регресії при визначенні їх значимості мають вигляд:

для двохфакторного експерименту

$$\hat{y}_1 = -1,49 - 4,43 x_1 - 0,78 x_1 x_2 + 2,98 x_1^2 \quad (4)$$

для трьохфакторного експерименту

$$\hat{y}_2 = 6,13 + 2,86 x_1 - 0,11 x_2 - 1,33 x_3 + 1,67 x_1 x_2 + 0,24 x_1 x_3 - 1,65 x_1^2 + 1,25 x_2^2; \quad (5)$$

Розрахунки коефіцієнтів регресії проведені на ПЕОМ.

Гіпотеза про адекватність математичних регресійних моделей перевірена по критерію Фішера; одержана довірна вірогідність у межах норми.

Аналіз регресійних моделей підтвердив, що основним режимом прискорюючим сушіння, є режим нагріву - t_H , на що вказує знак та розмір коефіцієнта при x_1 у рівнянні (4). Сумісна дія нагріву і охолодження також прискорює і пом'якшує процес сушіння.

Проведений двохфакторний експеримент дав змогу відкорегувати значення t_H та τ_H для проведення більш розширеного трьохфакторного експерименту. Зокрема τ_H було знижено до 10 хвилин.

Аналіз рівняння (5) трьохфакторного експерименту доповнює картину, наглядність якої надають графічні інтерпретації (рис. 3 і рис. 4) і дає змогу провести вибір оптимальних технологічних режимів сушіння юхтового взуття.

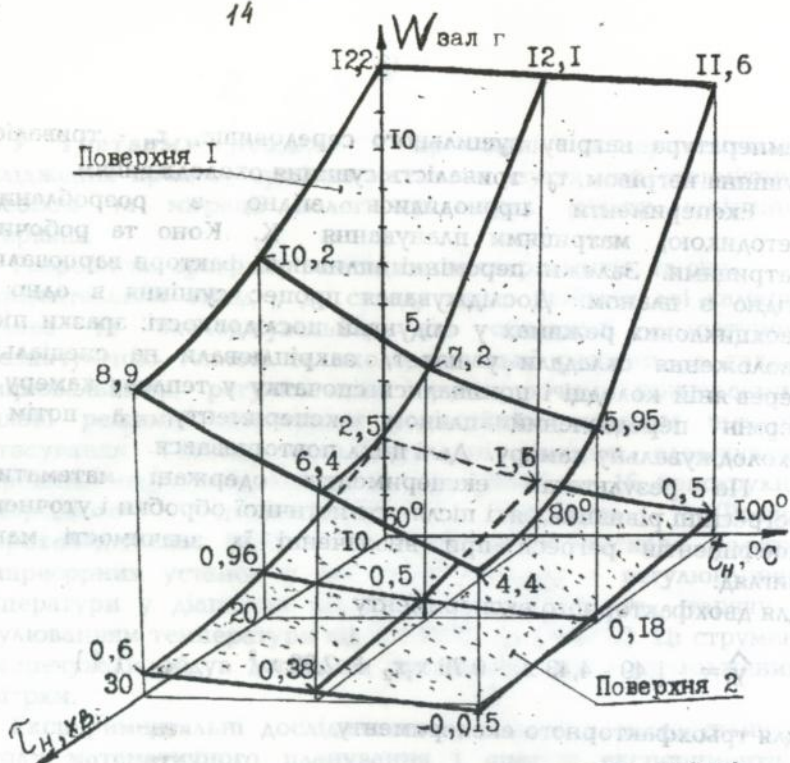


Рис. 3 Залишкова волога при одноцикловому сушінні.
Поверхня 1 - задник, поверхня 2 - юхтовий верх.

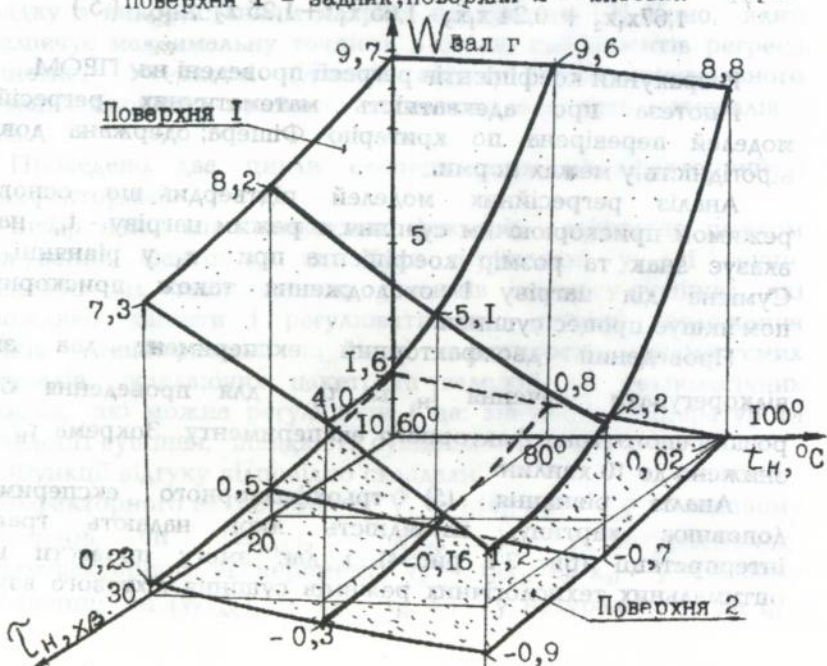


Рис. 4 Залишкова волога при двоцикловому сушінні.
Поверхня 1 - задник, поверхня 2 - юхтовий верх.

Проведено також порівняльний експеримент термічного і циклотермічного способів, який додатково показав перевагу термоциклічного способу. Як видно на графіку (рис.5) при термічному способі має місце швидке пересушення зовнішнього (юхтового) шару, при недосушенні проміжного шару (задника), в той час як при циклотермічному способі зовнішній шар весь час знаходиться у легкому зволоженні, внаслідок підсосу вологи з середини пакету в періоди охолодження.

У **четвертому розділі** розроблена та обґрунтована технологія сушіння юхтового взуття циклотермічним способом.

Зроблено досконалий аналіз проведених досліджень, порівняння результатів одно- та двоциклових режимів, які наведені у таблицях 1 і 2.

Таблиця 1.

Залишкова волога ($W_{зал.}$) при двоцикловому сушінні
(при $\tau_0 = 5$ хв. і 15 хв.)

$t, ^\circ\text{C}$	$W_{зал.}, \text{ гр.}$			$W_{зал.}, \%$		
	60	80	100	60	80	100
$\tau_{нв.}$	У пакеті					
10	12,3	11,7	9,7	14	13	10,8
	10,8	10,1	8,4	12	11,2	9,3
20	8,6	5,6	1,7	9,6	6,3	1,9
	7,3	3,6	0,05	8,1	4	0,06
30	7,4	4,5	0,8	8,2	5	0,9
	5,3	1,7	-2,4	5,9	1,9	-2,7
У юхтовому зовнішньому шарі						
10	1,6	0,8	0,02	6,6	3,3	0,08
	0,9	0,6	0,035	3,7	2,5	0,14
20	0,5	-0,16	-0,7	2,1	-0,6	-2,9
	0,2	-0,3	-1,2	0,8	-1,2	-4,9
30	0,23	-0,3	-0,9	0,95	-1,2	-3,7
	0,3	-0,2	-1,7	1,2	-0,8	-7
У заднику (проміжному) шарі						
10	9,7	9,6	8,8	16,8	16,7	15
	8,9	8,5	7,0	15,4	14,7	12
20	8,2	5,1	2,2	14	8,8	3,8
	6,5	3,2	0,9	11,2	5,5	1,7
30	7,3	4,01	1,2	12,6	6,9	2
	4,7	1,4	0,5	8,1	2,4	1,55

У таблиці 1 наведені значення залишкової вологи ($W_{\text{зал.}}$) при двоцикловому сушінні пакету у самому пакеті, у юхтовому (зовнішньому) шарі та у заднику (проміжному шарі). Значення $W_{\text{зал.}}$ наведені у ваговому та відсотковому значеннях. У кожному квадраті таблиці верхня цифра означає охолодження у режимі $\tau_0 = 5$ хв., а нижня - $\tau_0 = 15$ хв.

Дані квадратів, які обведено товстою лінією, свідчать про пересушення зовнішнього шару, і тому не можна впроваджувати режими сушіння у тепловій камері тривалістю більш як $\tau_{\text{н}} = 10$ хв. при температурах $t_{\text{н}} = 80^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$.

У таблиці 2 наведені значення $W_{\text{зал.}}$ при одноцикловому сушінні пакету.

Таблиця 2.

Залишкова волога ($W_{\text{зал.}}$) при одноцикловому сушінні (при $\tau_0 = 5$ хв. і 15 хв.).

		W зал., гр.			W зал., %		
$t_{\text{н}}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{\text{н}}, \text{хв.}$	60	80	100	60	80	100
У юхтовому зовнішньому шарі при $\tau_0 = 5$ хв.							
10		2,5	1,55	0,5	10,2	6,6	0,55
20		0,96	0,5	0,18	3,9	2,1	0,6
30		0,6	0,38	-0,015	2,5	1,4	-0,06
У заднику (проміжному шарі) при $\tau_0 = 5$ хв. і 15 хв.							
10		<u>12,2</u>	<u>12,1</u>	<u>11,63</u>	<u>21</u>	<u>20,9</u>	<u>20</u>
		10,4	11,4	10,345	17,8	19,8	17,3
20		<u>10,2</u>	<u>7,24</u>	<u>5,95</u>	<u>17,6</u>	<u>8,9</u>	<u>10</u>
		8,54	6,3	2,62	14,7	10,8	4,5
30		<u>8,9</u>	<u>6,4</u>	<u>4,4</u>	<u>15</u>	<u>11</u>	<u>7,6</u>
		7,7	5,1	2,2	1,3	9	3,8

Як свідчать дані таблиці 2, не спостерігається пересушення юхтового шару майже при всіх наведених режимах, крім $\tau_{\text{н}} = 30$ хв. при $t_{\text{н}} = 100^{\circ}\text{C}$.

Аналізуючи таблиці 1 і 2, можна зробити висновок про те, що ефективність сушіння вибраного об'єкта (юхтового

взуття з шкіряним задником) можна досягти при одноцикловому сушінні. Цей висновок дуже важливий з економічної точки зору: спрощується конструкція сушильного апарату, заощаджується енергія і тривалість сушіння.

Зроблено висновок про доцільність застосування одноциклового сушіння.

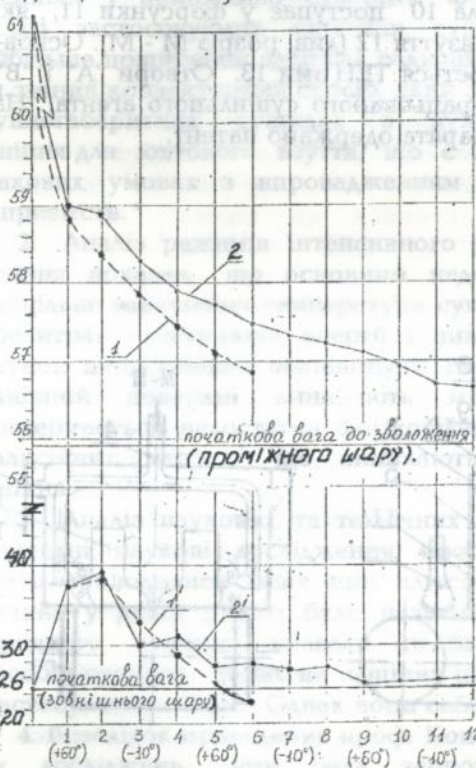


Рис.5. Переміщення води при: 1,1' - термічному сушінні; 2,2' - циклотермічному сушінні.

На базі проведеного аналізу, встановлені оптимальні режими одноциклового сушіння юхтового взуття, які були започатковані у розробленій новій технології.

Розроблена конструкція апарату (рис. 6), для сушіння юхтового взуття циклотермічним способом. Апарат прохідного типу має стрічковий транспортер 1, який подає взуття до сушильних камер. Камера 2 служить для сушіння температурою вище 0°C . Тепле повітря до неї поступає через канал 4. Камера 5 служить для охолодження температурою нижче 0°C .

Холодне повітря до неї поступає від мікрохолодильника, який змонтовано над нею. Розподіл повітряних зон, теплої 2 і холодної 5 забезпечується повітряним заслоном, через щіливе сопло 6, у яке повітря по трубопроводу 7 поступає з теплової камери 8 до мікрохолодильника 9. Струмінь холодного повітря мікрохолодильника від сопла 10 поступає у форсунки 11, які обдувають п'ятковий вузол взуття 12 (див. розріз М - М). Основне тепло у камері 2 створюється ТЕН'ами 13. Отвори "А" і "В" служать для виведення відпрацьованого сушильного агента. На конструкцію сушильного апарату одержано патент.

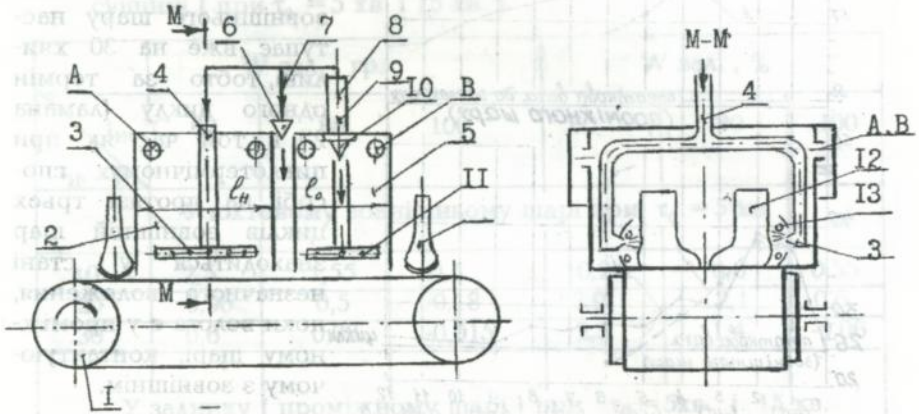


Рис.6. Принципова схема апарату циклотермічного способу сушіння взуття.

Обґрунтована економічна доцільність впровадження нової технології сушіння. Розрахунок умовної економічної ефективності виконано по зниженню собівартості взуття, за рахунок економії електроенергії та підвищення якості взуття.

Розроблена нова технологія сушіння юхтового взуття рекомендована до впровадження на КВТВП "КИЇВ" м. Київ.

Загальні висновки по роботі.

1. Системний аналіз технологічного процесу виготовлення взуття з верхом із натуральної шкіри показав, що без вологотеплової обробки заготовки (зволоження з послідуочим сушінням) неможливо створити формостійке взуття. При аналізі застосовуваних способів сушіння встановлено, що найбільше поширення одержав радіаційно-конвективний спосіб. Він змінив конвективний спосіб, який здійснюється у громіздких крупногабаритних сушилах з дуже тривалим терміном сушіння для юхтового взуття, що є не ефективним в нових ринкових умовах з впровадженням у промисловість малих підприємств.

2. Аналіз режимів інтенсивного радіаційно-конвективного сушіння показав, що основним недоліком цього способу є недоцільне завищення температури сушіння, яке призводить до перевитрат електричної енергії і зниження якості взуття за рахунок пересушення зовнішнього шару, в зв'язку з чим на зовнішній поверхні виникають мікротріщини, а також спостерігається недостатня формостійкість взуття, за рахунок релаксійних напруг, що виникають під час інтенсивного сушіння.

3. Аналіз наукових та технічних джерел показав, що всі попередні наукові дослідження процесів сушіння юхтового взуття проводились лише при плюсових температурах. Таке сушіння у даній роботі було назване "термічним". Недоліки термічного сушіння визвали необхідність пошуків інших способів сушіння, таких як сушіння під тиском, під вакуумом, з застосуванням СВЧ. Однак вони себе не виправдали.

4. Внаслідок проведених проф. Коновалом В. П. аналітичних досліджень, ним була запропонована гіпотеза про доцільність застосування температур вищих та нижчих 0°C для сушіння взуття, тобто введення додаткового режиму сублімації.

5. Послідуоча розробка запропонованого проф. Коновалом В. П. способу, який одержав назву "циклотермічного", внаслідок застосування почергової багатократної дії на об'єкт сушіння температур вищих та нижчих 0°C показала, що при складності тепломасообмінних процесів в режимах таких температур виникає підвищення якості формостійкості взуття, за рахунок повільного зняття релаксійних напруг за термін сушіння, а також зникає пересушення лицевої поверхні шкіри.

6. У розвитку математичної моделі, розробленої проф. Коновалом В. П., проф. Луциком П.П. для циклотермічного сушіння одношарового пакету, у даній роботі була створена

математична модель сушіння тришарового пакету шкіряних матеріалів, яка моделює п'ятковий вузол юхтового взуття з пристроченим задником із жорсткої шкіри найбільш зволожену частину взуття.

7. При розробці математичної моделі встановлені основні показники та параметри, що характеризують механізм і процес сушіння температурами вищими та нижчими 0°C . До них у першу чергу відносяться: теплопровідність і масопродність шкіряних матеріалів, ступінь зволоження матеріалів та температура сушильного середовища.

8. Створена математична модель стверджує, що при циклотермічному сушінні у заготовці взуття відбуваються затухаючі релаксійні процеси до повного їх зникнення наприкінці сушіння. Затухання релаксійних напруг, є наслідком почергової дії температур вище та нижче 0°C , при яких у матеріалі почергово виникають напруги розтягнення (при $t > 0^{\circ}\text{C}$) та стиснення (при $t < 0^{\circ}\text{C}$), які до міри виведення вологи зменшуються до повного зникнення.

9. Знайдено ефективний спосіб одержання струменя повітря температури нижче 0°C , який найбільше задовольняє умовам здійснення циклотермічного способу сушіння взуття. Цей спосіб базується на принципі вихрової труби мікрохолодильників ВМХ - 16 (ВМХ - 18), діючих від системи тискового повітря промислових компресорних установ взуттєвих підприємств.

10. Проведені експериментальні дослідження дозволили повніше розкрити механізм циклотермічного сушіння, за допомогою створеної математичної моделі.

11. Одержані математичні регресійні моделі двох- та трьохфакторних експериментів, які дали змогу встановити технологічні режими сушіння юхтового взуття циклотермічним способом.

12. Встановлено, що найбільш ефективним є тепловий режим сушіння, який забезпечує значну вологовіддачу, тому при циклотермічному способі його слід використовувати з початку.

13. Отримані оптимальні режими сушіння юхтового взуття з пристроченим задником із жорсткої шкіри, який є при одноцикловому сушінні: температура у тепловій камері -

$t_{\text{н}} = 100^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$; тривалість у тепловій камері -

$\tau_{\text{н}} = 20\text{хв.} \pm 5\text{хв.}$; тривалість у охолоджувальній камері -

$\tau_0 = 15\text{хв.} \pm 5\text{хв.}$; температура у охолоджувальній камері -

$t_0 = (-10^{\circ}\text{C})$. Загальний час сушіння складає $\tau = 25 - 35$ хв.

14. Розроблена нова енергозберігаюча технологія сушіння юхтового взуття з пристроєним задником з жорсткої шкіри.

15. Розроблена конструкція сушильного апарату прохідного типу для одно- та двохциклового сушіння взуття циклотермічним способом.

16. Проведені розрахунки умовної економічної ефективності від застосування розробленого способу по основним статтям собівартості виготовляемого взуття. Ефективність від впровадження розробленого способу та апарату для його реалізації обумовлена енергозбереженням та підвищенням якості виготовляемого взуття і складає за цінами 1997 року 3300 гривень, що еквівалентно 1780 у.о.

За темою дисертації опубліковані наступні роботи:

1. Коновал В. П., Бабич А. І. Применение минусовых и знакопеременных температур при формировании обуви с верхом из натуральной кожи (НК). - "Известия вузов", № 6, 1991. - с.4.

2. Коновал В. П., Бабич А. І. Інтенсифікація сушіння юхтових чобіт з шкіряними задниками. - "Легка промисловість", № 4, 1993. - с.6.

3. Бабич А. І. Сушіння юхтових чобіт з шкіряними задниками. - "Легка промисловість", № 4, 1993. - с.12.

4. Бабич А. І. Термоциклова сушка взуття. - "Легка промисловість", № 3, 1994. - с.4.

5. Коновал В. П., Бабич А. І. Сушка обуви из натуральной кожи с использованием знакопеременных температурных режимов. /Тезисы докладов на Украинской конференции-семинаре обувной промышленности. - Киев : ГАЛПУ, 1993. - с.14.

6. Коновал В. П., Бабич А. І., Якубова Л. В. До питання термоформування вузлів взуття / Тези доповідей на науковій конференції молодих вчених професорсько-викладацького складу. - Київ : ДАЛПУ, 1994. - с.14.

7. Коновал В. П., Бабич А. І. Використання знакозмінних температур в процесі сушіння багатошарових пакетів п'яточного вузла для виготовлення взуття з натуральної шкіри / Тези доповідей на Українській конференції молодих вчених професорсько-викладацького складу. - Київ: ДАЛПУ, 1995. - с.12.

8. Коновал В. П., Лудик П. П., Бабич А. І. Дослідження процесу сушіння тришарового пакету з натуральних шкір циклотермічним способом /Матеріали республіканської науково-практичної конференції" Проблеми взуттєвої промисловості України ". - Київ : ДАЛПУ, 1996. - с.12.

РЕЗЮМЕ.

Бабич А. И. Создание нового ресурсозберегающего способа сушки юфтевой обуви температурами выше и ниже 0°C . Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.06 "Технология обувных и кож-галантерейных изделий". Государственная академия легкой промышленности Украины. - Киев, 1997.

Основные положения работы изложены в 8 публикациях. Работа содержит теоретические и экспериментальные исследования по разработке новой ресурсозберегающей технологии сушки юфтевой обуви, основанной на совершенном циклодинамическом способе.

Установлены зависимости тепло-массопереноса при сушке температурами выше и ниже 0°C .

Определены технологические режимы сушки циклотермическим способом.

Разработана новая технология сушки юфтевой обуви с задником из натуральной кожи и конструкция сушильного аппарата проходного типа, который может использоваться для сушки всех видов обуви из натуральной кожи. Приведены данные по эффективности использования результатов исследования.

SUMMARY

Babych A.I. "The creation of new energy savings drying method by temperature cycle waterproof leather footwear".

The doctor of technical science degree of 05.19.06 - footwear and leather goods technology speciality. The State Light industry Academy of Ukraine. Kiev, 1997.

The work basis thesises are presented at 8 publication. The theoretical and experimental research of the new energy savings different temperature drying technology was completed. The dependencies between different (plus, minus) drying temperature and water-adsorption are defined.

Technological regime of the drying by temperature cycle (from "plus" to "minus") method was determined.

New drying technology of waterproof leather footwear are developed. Double chamber continuos dryer for dryings of thick counter footwear was designed.

The results installation efficiency have been calculated.

Ключеві слова: енергозберігаючі технології, температури вище і нижче 0°C, термічне сушіння, циклотермічне сушіння, нагрів, охолодження, теплопровідність, масопровідність, температуропровідність, метод одержання холоду вихровою трубою, аналіз і планування експерименту, критерії оцінки, регресійні моделі, сушильні апарати.

Підп. до друку 26.05.97р. Формат 60x84 I/16. Папір
друк. №1. Друк офсетний. Умовн. др. арк. I, 39. Умовн. фарбо-відб. I, 50.
Облік.-вид. арк. I, 09. Тираж 120. Зам. 272. Безплатно.

Дільниця оперативної поліграфії при Державній академії
легкої промисловості України.
2520II, Київ-II, вул. Немировича-Данченко, 2.

Безплатно

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

УВАЖАЮЩИ

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...

...и температура ...
...и температура ...
...и температура ...